Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, Spring 2024, p. 1-19

Evaluation of Diversity in Morphological, Agronomical and Essential Oil Content Characteristics of Different Genotypes of *Mentha longifolia* L. from Iran

A. Moshrefi-Araghi[1], S.H. Nemati[2*], M. Shoor[3], M. Azizi[4], N. Moshtaghi[5]

1, 2, 3, 4- Former Ph.D. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Professor, Department of Horticulture Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nemati@um.ac.ir)
5- Associate Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received:	21-04-2018	**How to cite this article:**
Revised:	30-09-2018	Moshrefi-Araghi, A., Nemati, S.H., Shoor, M., Azizi, M., & Moshtaghi, N. (2024). Evaluation of diversity in morphological, agronomical and essential oil content characteristics of different genotypes of *Mentha longifolia* L. from Iran. *Journal of Horticultural Science, 38*(1), 1-19. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v37i4.72174
Accepted:	06-10-2018	
Available Online:	20-02-2022	

Introduction

Mentha is one of the most important genera of aromatic plants which belongs to the Lamiaceae family. The genus of *Mentha* is distributed across Asia, Africa, Australia, Europe, and North America. *Mentha longifolia* L., also known as wild mint, is a fast-growing aromatic perennial herb. It is widely used as herbal medicine and is beneficial for the immune system and fighting with secondary infections. The essential oil of this plant is partly responsible for the decongestant, antispasmodic and antibiotic effects. Currently, much emphasis is being laid on conserving plant germplasm as valuable bio-resources. Selection between and within accessions for a high level of herbage yield and other characters requires an effective tool to be applied by mint breeders. Achieving to cultivars that are more capable of optimum producing is a breeding goal. The objectives of this study were to analyze the diversion of the agronomical traits of *Mentha longifolia* L. genotypes from different regions of Iran under a similar condition in order to find the superior genotypes and introduce for the domestication of this plant.

Material and Method

This research was performed at the research field of the Ferdowsi University of Mashhad. The field is located at 36˚15' North latitude and 59˚38' East longitude, at an altitude of 985 meters. The information related to temperature and precipitation was obtained from climate station. Soil sampling was done in the depth of 0.3 meter and physical experiments on samples were done before starting the experiment. The field was fertilized by 25 kg/ha animal manure. Seeds of 20 genotypes of *M. longifolia* L. were prepared from Gene Bank of Research Institute of Forests and Rangelands and a view of the wild mint genotypes distribution was presented on the map. The experiment was performed in a field with 500m^2 areas in 2015-2016 growing seasons. The experiment in form of compound analysis arranged in complete randomized design with three replicates of 20 wildmint's genotypes in every replication. In each furrow, fourteen bush was totally studied, in which the distance between the two plants was 20 cm. The plot was considered 1.2 by 3 m and the distance between rows was 0.50 m. The dimension in the plots for every replication area was 3.6 m^2 and the distance between blocks were 1.5 and between experimental units were 0.5 meters. Picking

https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V37I4.72174

up was done after elimination of 0.5 meters from every side of replication. The essential oil was extracted using Clevenger type apparatus and by hydrodistillation.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effect of the diversity among the genotypes on morphological, agronomical and essential oil yield parameters of wild mint was significant ($P \leq 0.01$). The results of this study showed that *Mentha longifolia* L. herb has a high diversity under the same culture conditions among genotypes collected from 20 regions of Iran. Correlation result shows that vegetative organs have more effect on the essential oil content than the reproductive organs. This may be due to the distribution of essential oil accumulation and storage sites, which requires further research in this regard. The study of vegetative and reproductive characteristics suggests that the genotypes of the dry and semi-arid climates have different conditions, which may causes the separation of their genotypes compared with the other genotypes. The bi-plot, based on PC1 and PC2, reflects the relationships between the studied genotypes. The results of bi-plot of cluster analysis confirmed that genotypes were divided into two main groups based on agronomical and morphological traits.

Conclusion

Finally, plants of genotype G13 belongs to Hormozgan province and then G16 genotype belongs to Khuzestan province were selected because of more biomass, more aerial part volume and also the most essential oil performance compared to the other genotypes. Desirable traits for the aerial part such as the time of flowering, leaf length, leaf width, plant height, the highest number of leaves in the stem and internode distance are important traits that should be considered. In addition, the cultivation of these genotype in order to the further production can be the great help in the domestication of this species and, given the fact that the diversity is a precursor of breeding, this research can be an introduction for future breeding operations. However, further research is needed to confirm the phytochemical superior genotypes.

Keywords: Climatic factor, Essential oil, Morphological markers, Morphological traits, Superior genotype

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۱۹-۱

ارزیابی تنوع خصوصیات ریخت‌شناسی، زراعی و میزان اسانس ژنوتیپ‌های مختلف پونه‌وحشی (*Mentha longifolia* L.) ایران

علیرضا مشرفی عراقی[۱]- سید حسین نعمتی[۲*]- محمود شور[۳]- مجید عزیزی[۴]- نسرین مشتاقی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴

چکیده

گیاه پونه وحشی با نام علمی *Mentha longifolia* L. یکی از گونه‌های جنس نعناع است که در کشور ایران رویش طبیعی دارد. در این پژوهش پس از تهیه ۲۰ ژنوتیپ مختلف از سراسر ایران، کشت آن‌ها جهت ارزیابی صفات ریخت‌شناسی، زراعی و استخراج اسانس انجام شد. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مربوط به هر رویشگاه تعیین گردید و آمار هواشناسی و خاکشناسی جهت ارزیابی فراهم گردید. خصوصیات رویشی و زایشی هر ژنوتیپ به‌علاوه میزان و عملکرد اسانس گونه مورد مطالعه در هر ژنوتیپ مورد بررسی قرار گرفت. بررسی کلی نتایج نشان داد که در بین ژنوتیپ‌ها تنوع معنی‌داری ($P\leq۰/۰۱$) از لحاظ صفات ریخت‌شناسی، زراعی و میزان اسانس وجود دارد. نتایج بدست آمده از همبستگی بین صفات ارزیابی شده و میزان اسانس نشان داد که اندام‌های رویشی گیاه در راندمان اسانس تأثیر بیشتری نسبت به اندام زایشی داشته‌اند. تجزیه خوشه‌ای صفات مورد بررسی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در دو گروه مجزا قرار داد. تفاوت این دو گروه در جدا شدن از هم را می‌توان به صفات مرتبط با عملکرد و شرایط اقلیمی مختلف در رویشگاه بومی این ژنوتیپ‌ها و عوامل ژنتیکی نسبت داد. در نهایت ژنوتیپ استان‌های هرمزگان، خوزستان، کرمان، آذربایجان غربی و قزوین به‌دلیل داشتن خصوصیات رویشی و زراعی بهتر و بازده بالای تولید اسانس نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی و اهلی‌سازی یا جهت کشت و تولید مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، ژنوتیپ برتر، صفات ریختی، عوامل اقلیمی، نشانگر مورفولوژیکی

مقدمه

جنس نعناع از گیاهان معطر مهم متعلق به خانواده Lamiaceae است (Tucker *et al.*, 2007). گیاهان جنس نعناع در سراسر آسیا، آفریقا، استرالیا، اروپا و آمریکای شمالی پراکنده هستند (Ruttle, 1974). *Mentha longifolia* L.، که به‌عنوان پونه‌وحشی شناخته شده است، گیاه چندساله، ریزوم‌دار، معطر و پررشد از مهمترین گیاهان متعلق به جنس نعناع است. این گونه به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان گیاهی دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد و جهت سیستم ایمنی بدن و درمان عفونت‌های ثانویه مفید است. این گیاه برای درمان سرفه، سرماخوردگی و آنفولانزا استفاده می‌شود. استعمال خارجی، پونه‌وحشی برای درمان زخم‌ها و غدد متورم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sudarmono *et al.*, 2008). اسانس این گیاه تا حدودی سبب ایجاد خواص ضدانعقاد، ضداسپاسم و آنتی‌بیوتیک می‌شود (Van wyke & Gerick, 2000).

امروزه، حفظ ژرم‌پلاسم گیاهی به‌عنوان منابع زیستی با ارزش، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Khorasaninejad *et al.*, 2016; Fischer, 1979). انتخاب ژنوتیپ‌ها برای ایجاد سطح بالاتری از عملکرد زیستی و سایر صفات نیازمند ابزاری مؤثر جهت به‌کارگیری توسط به‌نژادگران گیاهان جنس نعناع است (Mirzaei-Nodoushan *et al.*, 2001) دستیابی به ارقامی که قادر به تولید فرآورده‌های زیستی بیشتر هستند، یکی از اهداف به‌نژادی است (Fischer, 1979; Mann

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش‌آموختهٔ دکتری، استادیار، دانشیار و استاد، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسندهٔ مسئول: (Email: nemati@um.ac.ir
۵- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V37I4.72174

& Staba, 1986). تنوع گونه‌های زراعی و ارقامی که نقش اساسی را در کشاورزی دارند، در معرض خطر گسترش کشاورزی مدرن قرار دارند. زیرا در مناطق وسیعی تنها تعداد معدودی از گونه‌ها کشت می‌شود. این یکی از دلایلی است که به نژادگران بین‌المللی حفاظت از تنوع زیستی را سرلوحه تحقیقات خود قرار داده‌اند (Szamosi, 2005; Hornok, 1992).

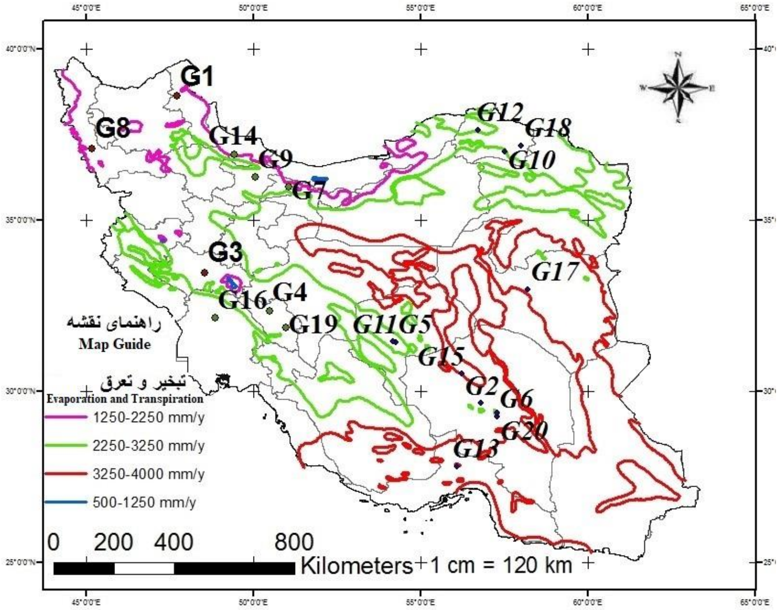
صفات مورفولوژیکی هم از لحاظ کمی و هم کیفی، معمولاً برای ارزیابی روابط بین عملکرد ژنوتیپ مورد استفاده قرار می‌گیرند (Goodman, 1972). نشانگرهای مورفولوژیکی اولین نشانگرهای مورد استفاده برای ارزیابی تغییرات ژنتیکی بودند. این نشانگرها کم‌هزینه هستند، اندازه‌گیری آن‌ها آسان و ابزارهای پیچیده‌ای ندارند؛ تعداد آن‌ها کم و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (Ronald, 2001). تحقیقات ریخت‌شناسی در مورد جمعیت‌های گیاه رزماری نیز نشان داد که از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی (صفات مربوط به گل) در بین جمعیت‌ها تنوع وجود دارد (Zaouali *et al.*, 2012).

بررسی تنوع ژنتیکی و علل آن در بین جمعیت‌های مختلف یک گونه، با استفاده از صفات مورفولوژیک، جهت یافتن صفات مطلوب به‌منظور تولید بیشتر امری ضروری در اصلاح گیاهان می‌باشند. در این رابطه بررسی تنوع مورفولوژیک *Origanum onites* L. در ترکیه نشان داده که این گیاهان در مناطق مرتفع‌تر، ارتفاع گیاه کمتری دارند و به‌علاوه طول برگ‌ها در بخش‌های پایینی ساقه کوتاه‌تر از بخش‌های بالایی، تعداد گل‌ها کمتر و اندازه‌ی آن‌ها بزرگتر، طول براکته‌ها و گلبرگ‌ها نیز بیشتر از مکان‌های با ارتفاع پایین‌تر گزارش شده است (Gonuz, 1999). بنابراین، شرایط محیطی متفاوتی که ژنوتیپ‌های مختلف در آن رویش دارند و اثر متقابل ژنتیک و محیط مانع دستیابی دقیق به ژنوتیپ برتر می‌شود (Zabet *et al.*, 2003). از طرفی، کاشت ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی یکسان، اثرات محیطی را در بروز صفات رویشی، نوع و میزان مواد مؤثره کاهش داده و تنوع حاصل از اختلافات ژنتیکی ژنوتیپ‌ها را بهتر نمایان می‌سازد. این تنوع راه را برای معرفی ژنوتیپ‌های مطلوب و مناسب از نظر رویشی و ترکیبات مواد مؤثره هموار خواهد کرد. نتایج بررسی تنوع ژنتیکی ۵۸ جمعیت *Salvia japonica* با استفاده از صفات مورفولوژیک در کشور ژاپن حاکی از تنوع مورفولوژیک بالا در بین جمعیت‌ها بود، به‌طوری‌که بر این اساس جمعیت‌ها به ۴ گروه مجزا تقسیم گردیدند (Sudarmono & Hiroshi, 2008). در ارزیابی تنوع مورفولوژیک توده‌های مرزه تابستانه بیان داشته شد که همبستگی مثبتی بین میزان اسانس و وزن خشک گیاهان جمع‌آوری شده وجود دارد (Hadian *et al.*, 2010). طی مطالعات بوم شناختی و مورفولوژیکی بین پنج جمعیت آویشن آذربایجانی در ایران با استفاده از برخی خصوصیات کمی رویشی و زایشی، جمعیت‌های این گونه در سه گروه قرار گرفتند (Yavari *et al.*, 2010).

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد تاکنون مطالعات اندکی برای شناسایی مناطق پراکنش، بررسی تنوع، نگهداری ذخایر توارثی و ارزیابی ژنوتیپ پونه‌وحشی در ایران صورت گرفته است. هدف از این پژوهش شناسایی مناطق پراکنش، بررسی شرایط بوم‌شناختی، فنوتیپی، شیمیایی و ژنتیکی و نیز ارزیابی تأثیر اقلیم‌های مختلف در انتخاب طبیعی صفات ریختی برتر و عملکرد کمی اسانس در شرایط کشت یکسان این گونه دارویی ارزشمند می‌تواند به‌عنوان مقدمه‌ای برای حفظ ژرم پلاسم، بررسی تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم، اهلی‌سازی، اصلاح و معرفی ژنوتیپ‌های برتر این گونه با ارزش دارویی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. زمین کشت در عرض جغرافیایی ′۱۵°۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ′۳۸°۵۹ شرقی و در ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا قرار داشت. اطلاعات مربوط به دما و بارش از ایستگاه هواشناسی دریافت شد (جدول ۱). بذرهای پونه وحشی از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران تهیه شده است (جدول ۲). به‌منظور مقایسه این ژنوتیپ‌ها مستقل از عوامل محیطی، تمام گیاهان تا مرحله گلدهی در شرایط مشابه در مزرعه تحقیقاتی رشد کردند. ۱۵ بوته در هر پشته مورد بررسی قرار گرفت و فاصله بین دو گیاه ۲۰ سانتی‌متر بود. بذرهای ۲۰ ژنوتیپ مورد مطالعه در فضای گلخانه در سینی‌های کشت با بستر کوکوپیت و پرلیت کاشته شده و جهت جوانه‌زنی تحت شرایط مه‌پاشی ممتد با آب و پوشش پلاستیک در دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن ۴۵ بوته از هر ژنوتیپ به کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵ در ۳ متر منتقل گردید که فاصله بین واحدهای آزمایشی ۰/۵ متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر بود. آزمایش به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال انجام شد. نمونه‌برداری از خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام شد و آزمایشات فیزیکی و شیمیایی روی نمونه‌ها قبل از شروع آزمایش صورت گرفت. خاک نرم و با زهکشی مناسب بود، خصوصیات خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه منحنی هم تبخیر و پراکندگی ژنوتیپ‌های پونه وحشی مورد مطالعه

Figure 1- The evaporation curve map and distribution of studied *Mentha longifolia* L. genotypes

جدول ۱- شرایط اقلیمی و خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Weather and Soil condition of the research field

شرایط اقلیمی مزرعه در فصل تابستان

Weather condition of the field in summer season

عوامل Parameters	حداکثر دما T_{max} (°C)	حداقل دما T_{min} (°C)	میانگین دما T_{mean} (°C)	سرعت باد Wind speed (m.s^{-1})	بارش Precipitation (mm)	تبخیر Evaporation (mm)
1394	39.36	14.16	25.93	4	0.9	444
1395	38.73	14.86	25.50	3.6	0.0	416

آنالیز خاک مزرعه

Soil analysis of the field

بافت خاک Texture	اسیدیته pH	مواد آلی O.M (%)	هدایت الکتریکی EC (ms.cm^{-1})	پتاسیم K (mg.Kg^{-1})	فسفر P (mg.Kg^{-1})	نیتروژن N (%)
لوم سیلت Silty loam	7.83	1.27	485	225	12.3	0.068

عملیات کاشت و داشت شامل حذف علف‌های هرز و آبیاری مکرر جهت حفظ رطوبت خاک و نیز افزودن ۲۵ تن در هکتار کود دامی پوسیده بود. در طول فصل رشد هیچ بیماری و آفتی ثبت نشده است. از هر کرت آزمایشی به‌صورت جداگانه ده شاخه اصلی در مرحله گلدهی از محل اتصال به زمین برداشت شد و برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی در میان آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۲). جمع‌آوری نمونه گیاهی پس از حذف ۰/۵ متر از هر طرف تکرار انجام شد. اندام هوایی برداشت شده از هر ژنوتیپ بلافاصله در سایه و در دمای اتاق خشک شد. عملکرد برگ‌های خشک، گل‌ها و شاخه‌های ظریف که بخش‌های تولیدکننده اسانس گیاهی هستند، به‌عنوان بخش دارویی اندازه‌گیری شد (Hadian *et al*., 2010).

اسانس حاصل از بخش دارویی هر ژنوتیپ (۳۰ گرم در سه تکرار) به‌مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر با توجه به روش توصیه شده در فارماکوپه بریتانیا (British pharmacopoeia, 1993)، به‌مدت ۳ ساعت جدا شد. آب اسانس‌های جدا شده توسط سولفات سدیم بی‌آب خشک و اسانس‌ها تا زمان آنالیز دستگاهی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و تاریکی قرار داده شدند. در طول آزمایش، اندازه گیری‌های مختلفی از ویژگی‌های مورفولوژیکی به صورت ماهانه صورت گرفت مانند

شمارش تعداد و سطح برگ، وزن تازه و خشک برگ، ساقه و گل‌آذین، مقدار عملکرد، اندازه قطر گل‌آذین و طول، تعداد برگ‌ها در هر شاخه، قطر ساقه و ارتفاع بوته توسط خط‌کش و کولیس به‌ترتیب با واحد سانتی‌متر و در پایان آزمایش، یک ماه پس از ظهور گل‌آذین، اندازه‌گیری نهایی انجام شد. ارتفاع گیاه از زمین تا جوانه انتهایی توسط خط‌کش در واحد سانتی‌متر و تعداد برگ‌ها اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- مکان جغرافیایی و شرایط اقلیمی در فصل تابستان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پونه وحشی

Table 2- Geographic location and summer season climatic conditions of the studied M. longifolia genotypes

شماره No.	کد Code	استان Province	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	بارنگی سالیانه Annual precipitation (mm)	بارندگی فصلی Seasonal Precipitation (mm)	حداقل دما T_{min} (°C)	حداکثر دما T_{max} (°C)	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)
1	G1	اردبیل Ardabil	48°07′05″	38°39′21″	256.60	24.51	11.80	31.77	1472
2	G2	کرمان Kerman	56°42′44″	29°28′06″	167.06	10.04	25.62	45.31	2972
3	G3	لرستان Lorestan	47°59′00″	33°31′00″	426.17	3.43	17.10	41.43	1043
4	G4	چهارمحال بختیاری Chaharmahal	50°28′14″	32°21′16″	287.80	4.55	7.07	35.46	2533
5	G5	یزد Yazd	54°13′00″	31°35′00″	53.92	0.18	18.32	39.51	1914
6	G6	کرمان Kerman	57°13′07″	29°23′39″	208.57	13.25	8.88	37.40	3240
7	G7	البرز Alborz	51°21′15″	35°58′17″	245.84	11.63	12.91	37.41	2170
8	G8	آذربایجان غربی W. Azarbaijan	44°34′40″	37°07′08″	247.93	32.39	10.65	34.38	1824
9	G9	قزوین Ghazvin	50°24′29″	36°28′49″	292.18	11.76	11.37	38.15	1650
10	G10	خراسان شمالی N. Khurasan	57°40′38″	37°06′52″	191.70	4.18	12.34	37.25	1689
11	G11	یزد Yazd	54°07′35″	31°35′32″	53.92	0.18	16.66	39.11	2538
12	G12	خراسان شمالی N. Khurasan	56°53′58″	37°28′01″	284.06	18.44	12.48	38.47	1653
13	G13	هرمزگان Hormuzgan	56°01′28″	28°03′05″	137.28	1.36	26.70	42.08	1270
14	G14	گیلان Guilan	49°24′58″	36°55′15″	206.85	8.76	17.81	37.54	1348
15	G15	کرمان Kerman	56°36′30″	30°29′30″	81.73	1.96	15.43	39.71	1900
16	G16	خوزستان Khuzestan	48°50′33″	32°08′38″	256.86	0	25.56	48.45	61
17	G17	خراسان جنوبی S. Khurasan	58°47′07″	35°89′31″	128.7	1.13	10.43	38.40	1959
18	G18	خراسان شمالی N. Khurasan	58°10′26″	37°17′03″	191.70	4.18	12.34	37.25	1153
19	G19	چهارمحال بختیاری Chaharmahal	50°57′57″	31°52′37″	224.62	2.62	6.76	33.09	2447
20	G20	کرمان Kerman	57°14′31″	29°30′06″	113.2	2.65	8.88	37.40	3415

اندام هوایی گیاه در پاکت‌های جداگانه قرار داده شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. سطح برگ گیاهان با استفاده از سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری شد. در نهایت، نمونه‌ها در مدت ۴ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. همچنین تعداد روزهای لازم برای ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد گل‌دهی از ابتدای کشت اندازه‌گیری شد و در مقابل تعداد روزهای مورد نیاز برای ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد تخریب گل‌آذین محاسبه شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver.9.1 برای تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسات میانگین با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه به مؤلفه‌ها به روش Varimax، تجزیه خوشه‌ای با روش Ward انجام شد و محاسبه ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی با روش Pearson توسط نرم‌افزار SPSS Ver.22 انجام شد (Bakhshi, 2009).



شکل ۲- نمایی از زمین مورد کشت پونه وحشی در مزرعه تحقیقاتی جهت اجرای طرح

Figure 2- A view of the research farm used for wild mint cultivation for investigation

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات کمی و کیفی پونه وحشی معنی‌دار بود (P≤ 01.0) (جدول ۳). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد؛ در بین ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از ۲۰ منطقه در ایران، صفات وزن تر برگ و وزن تر گلاذین به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۲۴/۹۵ درصد و ۲۲/۸۳ درصد بیشترین تنوع و صفات ۱۰۰٪ زوال گلاذین و قطر گلاذین به‌ترتیب با ضریب تغییرات ۲/۴۸ درصد و ۲/۴۹ درصد کمترین تنوع را نشان می‌دهند. از طرفی، در دوسال متوالی صفاتی همچون؛ عملکرد، ارتفاع گیاه و طول گلاذین در سطح احتمال پنج درصد و زمان رسیدن به ۱۰۰٪ گلدهی در سطح احتمال یک درصد در دو سال متوالی معنی‌دار شد. به عبارت دیگر صفت ظهور گلدهی به‌شدت تحت تأثیر محیطی است که گیاه در آن قرار دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برخی صفات مورفولوژیکی پونه وحشی (*M. longifolia* L.)

Table 3- Compounf ANOVA for some morphological characteristics of *M. longifolia* L.

منابع تغییرات Variance source	درجه آزادی df	میانگین مربعات Squars mean						
		عملکرد Yield	ارتفاع گیاه Plant height	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	سطح برگ Leaf area	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width
سال Year (Y)	1	22687.5*	1320.03*	0.003ns	0.0009ns	17.25ns	0.01ns	0.0009ns
خطای سال error (year)	4	1893.5	88.64	0.007	0.003	3.15	0.58	0.17
ژنوتیپ Genotype (G)	19	96652.6**	190.23**	0.02**	0.004**	75.27**	8.23**	2.14**
سال × ژنوتیپ Y×G	19	947.14ns	0.14ns	0.0007ns	0.0002**	4.64**	0.0007ns	0.00005ns
خطای کل Total error	76	1878.14	10.54	0.001	0.00009	1.10	0.4	0.13
ضریب تغییرات CV (%)		6.28	4.19	24.95	17.37	11.35	13.75	19.63

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

**, *, ns significant at 1%and 5% of probability levels, and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برخی صفات مورفولوژیکی پونه وحشی (*M. longifolia* L.)

Table 3 Continued- Compounf ANOVA for some morphological characteristics of *M. longifolia* L.

منابع تغییرات Variance source	درجه آزادی df	میانگین مربعات Squars mean وزن تر گلاذین Inflorescence fresh weight	وزن خشک گلاذین Inflorescence dry weight	قطر گلاذین Inflorescence diameter	طول گلاذین Inflorescence length	۱۰۰٪ گلدهی 100% flowering	۱۰۰٪ زوال گل Flower degradation	میزان اسانس Essential oil content
سال Year (Y)	1	0.01^ns^	0.003^ns^	0.002^ns^	0.05*	307.2**	0.20^ns^	0.001^ns^
خطای سال error (year)	4	0.82	0.003	0.003	0.01	8.19	4.93	0.05
ژنوتیپ Genotype (G)	19	1.07**	0.03**	0.06**	15.96**	1856.93**	858.13**	9.66**
سال × ژنوتیپ Y×G	19	0.0004^ns^	0.00002^ns^	0.00003^ns^	0.02^ns^	3.69^ns^	22.91**	0.01^ns^
خطای کل Total error	76	5.40	0.0007	0.0004	1.09	8.77	9.89	0.04
ضریب تغییرات CV (%)		22.83	15.83	2.99	14.06	4.02	2.48	10.12

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

**, *, ns significant at 1%and 5% of probability levels, and non-significant, respectively.

نتایج یاوری و همکاران (Yavari *et al.*, 2010) نیز نشان دادند، در جمعیت‌های مختلف گونه‌ای از آویشن (*Thymus migricus*)، بین دو جمعیت در رویشگاه طبیعی تفاوت معنی‌داری در ظهور گل وجود دارد، به‌نحوی‌که فاز زایشی در جمعیت یام در شرایط با میانگین دمای سالیانه بیشتر نسبت به جمعیت بستان‌آباد در آذربایجان شرقی، حدود دو هفته زودتر آغاز شد.

در جدول ۴ مقایسه میانگین برخی از صفات کمی برای ۲۰ ژنوتیپ *M. longifolia* L. نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها تنوع زیادی را در برخی صفات نشان داد. به‌طوری که در صفات رویشی ارتفاع گیاه در ژنوتیپ G3 بیشترین (۸۹ سانتی‌متر) و در ژنوتیپ G14 کمترین (۶۷ سانتی‌متر) مقدار است. در این بین ژنوتیپ G8 دارای حداکثر عرض برگ (۳/۱۳ سانتی‌متر) و ژنوتیپ G19 دارای کمترین (۰/۸۸ سانتی‌متر) مقدار عرض برگ بود که با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین فاصله میانگره با ۸/۳۰ و ۷/۸۶ سانتی‌متر به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های G19 و G5 تعلق داشت و کمترین میزان فاصله میانگره با ۵/۵۳ سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ G3 بود که با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. در حالت کلی از نظر خصوصیات ریختی، از آنجایی که برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار این گیاه جهت استحصال اسانس و یا مصارف سنتی برداشت می شوند، مناطق G13 و G16 به‌منظور شروع کارهای اصلاحی برای اهلی نمودن و در کنار آن حفاظت از رویشگاه های طبیعی این گونه مطلوب به‌نظر می‌رسند؛ زیرا ساقه گل‌دار بلند به‌همراه برگ بیشتر و در کل اندام هوایی حجیم‌تر، می‌تواند مخزن بزرگتری جهت تولید و ذخیره اسانس ایجاد نماید (Zaouali *et al,.* 2012).

از طرف دیگر، در ارتباط با صفات زایشی و فنولوژیکی، در این تحقیق مشخص گردید که بیشترین طول گلاذین مربوط به ژنوتیپ G10 (۹/۸۹ سانتی‌متر) بود که با ژنوتیپ G2 اختلاف معنی‌داری نداشت و حداقل طول گلاذین (۴/۷۷ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ G4 بود. بیشترین قطر گلاذین مربوط به G2 و G16 با ۰/۸۸ سانتی‌متر بود و کمترین قطر گلاذین در G4 و G14 با ۰/۵۱ و ۰/۵۵ سانتی‌متر مشاهده گردید. بیشترین وزن تر و خشک گلاذین مربوط به ژنوتیپ G13 است و کمترین وزن تر گلاذین در G4 و G5 و کمترین وزن خشک گلاذین در G5 و G8 با ۰/۰۷ گرم بود. حداکثر قطر گلاذین در ژنوتیپ‌های G2 و G16 و حداقل آن در ژنوتیپ‌های G4 و G14 به‌ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۶۲ گرم مشاهده شد. در بین این ژنوتیپ‌ها، گیاهان ژنوتیپ G19 از نظر صفات کمی سطح برگ، وزن تر برگ، طول برگ، عرض برگ، عملکرد اسانس و ۵۰٪ زوال گل در کمترین مقدار بودند. مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ زمان رسیدن به حداکثر گلدهی و زوال کامل گلاذین نشان داد که تنوع مرحله گلدهی در بین ژنوتیپ‌های کشت شده در شرایط اقلیمی و محیطی یکسان آشکار است. ژنوتیپ‌های G1، G14 و G19 دارای کوتاه‌ترین زمان (۵۱/۱۶، ۵۱ و ۵۲/۱۶ روز) تا

۱۰۰٪ گلدهی و ژنوتیپ G13 دارای طولانی‌ترین زمان (۱۰۴/۶۶ روز) تا ۱۰۰٪ گلدهی بودند. از طرف دیگر، سریع‌ترین زمان تا ۱۰۰٪ زوال گل (۱۱۰/۱۶ روز) مربوط به ژنوتیپ G14 و دیرترین زمان تا ۱۰۰٪ زوال گل (۱۵۱/۶۶ روز) متعلق به ژنوتیپ G13 بود. در مطالعه‌ای مشخص گردید، در بین ده جمعیت آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus*) نیز طول دوره زایشی جمعیت‌ها تحت شرایط کشت یکسان با هم اختلاف معنی‌داری دارند (Babalar *et al*., 2013).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی از صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های پونه وحشی

Table 4- Mean comparison of morphological traits of *M. longifolia* L. genotypes

ژنوتیپ Genotype	عملکرد اسانس Essential oil yield ($Kg.m^{-2}$)	فاصله میانگره Internode Distance (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	وزن خشک برگ Leaf Dry Weight (g)	وزن تر برگ Leaf Fresh Weight (g)	سطح برگ Leaf surface (cm)	عملکرد خشک Dry Yield ($g.m^{-2}$)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)
G1	0.011^{eg}	6.79^{ad}	2.03^{cg}	3.83^{de}	0.03^{fi}	0.11^{eh}	6.53^{gi}	659.17^{eg}	75.50^{dg}
G2	0.025^{b}	7.78^{ab}	1.43^{fh}	5.97^{ab}	0.05^{de}	0.12^{eh}	5.93^{hi}	859.83^{a}	69.17^{gh}
G3	0.012^{ef}	5.53^{d}	2.34^{ad}	5.55^{bc}	0.06^{de}	0.18^{ce}	12.33^{bc}	747.5^{ce}	78.83^{ce}
G4	0.008^{fh}	6.51^{bd}	1.38^{fh}	3.65^{e}	0.02^{hi}	0.07^{gh}	7.26^{fh}	605^{fg}	76.17^{cf}
G5	0.008^{gh}	7.86^{ab}	1.41^{fh}	3.58^{ef}	0.01^{i}	0.06^{h}	2.59^{j}	510.83^{h}	74.83^{dg}
G6	0.01^{eh}	6.06^{cd}	1.39^{fh}	6.08^{ab}	0.04^{eg}	0.16^{df}	6.06^{hi}	609.17^{fg}	81.17^{bd}
G7	0.006^{hi}	6.95^{ad}	1.33^{gh}	3.91^{de}	0.05^{eg}	0.13^{eh}	8.98^{df}	504.17^{h}	73.08^{eh}
G8	0.027^{b}	6.00^{cd}	3.13^{a}	4.27^{ce}	0.04^{eg}	0.17^{cf}	15.70^{a}	825.83^{ac}	76.17^{cf}
G9	0.029^{b}	6.74^{ad}	2.14^{bf}	3.93^{de}	0.06^{de}	0.21^{bd}	9.57^{de}	844.17^{ab}	73.83^{eh}
G10	0.016^{ed}	6.72^{bd}	2.42^{ac}	5.54^{bc}	0.05^{de}	0.25^{ac}	12.28^{bc}	752^{cd}	73.83^{eh}
G11	0.002^{ij}	6.37^{bd}	1.46^{eh}	4.16^{de}	0.04^{eh}	0.10^{eh}	9.14^{df}	588.27^{gh}	69.33^{fh}
G12	0.013^{de}	6.46^{bd}	2.49^{ac}	5.82^{ab}	0.05^{de}	0.09^{fh}	12.93^{b}	646.86^{fg}	79.17^{ce}
G13	0.034^{a}	6.11^{cd}	2.83^{ab}	7.09^{a}	0.12^{a}	0.31^{a}	17.17^{a}	899.33^{a}	89.00^{a}
G14	0.014^{de}	6.61^{bd}	2.31^{bd}	3.97^{de}	0.04^{eh}	0.14^{dh}	8.68^{dg}	696.83^{df}	67.50^{h}
G15	0.009^{fh}	7.82^{ab}	1.61^{dh}	3.87^{de}	0.08^{bc}	0.13^{dh}	8.13^{eh}	621.67^{fg}	82.58^{ac}

G16	0.036[a]	7.10[ac]	2.16[bf]	5.50[bc]	0.10[ab]	0.27[ab]	9.00[df]	883.33[a]	87.50[ab]
G17	0.019[c]	7.29[ac]	2.22[be]	5.08[bd]	0.07[cd]	0.14[dg]	10.55[cd]	752.67[bd]	77.50[ce]
G18	0.011[eg]	6.06[cd]	1.48[eh]	3.37[ef]	0.05[df]	0.17[cf]	9.68[de]	687.5[cde]	81.17[bd]
G19	0.002[j]	8.30[a]	0.88[h]	2.30[f]	0.03[gi]	0.07[gh]	4.89[i]	505[h]	81.17[bd]
G20	0.003[ij]	6.44[bd]	1.25[gh]	4.45[ce]	0.04[eg]	0.13[eh]	7.75[eh]	588.83[gh]	79.17[ce]

ژنوتیپ Genotype	۱۰۰٪ زوال گلاذین 100% Inflorescence degradation (day)	۵۰٪ زوال گلاذین 50% Inflorescence degradation (day)	۱۰۰٪ گلدهی 100% flowering (day)	۵۰٪ گلدهی 50% flowering (day)	قطر گلاذین Inflorescence diameter (cm)	طول گلاذین Inflorescence length (cm)	وزن خشک گلاذین Inflorescence dry weight (g)	وزن تر گلاذین Inflorescence fresh weight (g)	قطر شاخه Shoot Diameter (cm)
G1	111.83[gh]	71.83[jk]	51.16[h]	33.33[ij]	0.68[ef]	8.20[ad]	0.18[ce]	0.73[ef]	1.94[ei]
G2	132.66[d]	122.16[ab]	68.33[ce]	50.83[ce]	0.88[a]	9.75[a]	0.22[bc]	1.18[cf]	1.84[fi]
G3	138.66[bc]	123.83[ab]	95.33[b]	70.50[b]	0.83[bc]	6.00[dg]	0.13[eh]	1.02[df]	2.24[ce]
G4	116.50[fg]	86.33[gh]	72.66[c]	47.50[dg]	0.51[g]	4.77[g]	0.09[hi]	0.64[f]	1.91[ei]
G5	116.00[fg]	80.16[hi]	58.33[fg]	40.83[fi]	0.66[ef]	6.04[dg]	0.07[i]	0.62[f]	1.71[hk]
G6	127.50[e]	100.00[f]	62.33[ef]	49.83[ce]	0.67[ef]	8.61[ac]	0.24[bc]	1.10[df]	2.14[cf]
G7	134.16[cd]	113.33[cd]	61.83[f]	49.33[cf]	0.81[bc]	7.32[be]	0.15[dh]	1.01[df]	2.14[cf]
G8	130.66[de]	114.66[cd]	58.33[fg]	50.83[ce]	0.79[c]	7.17[be]	0.07[i]	0.96[df]	1.78[gj]
G9	138.33[bc]	121.83[ab]	92.83[b]	55.33[cd]	0.85[ab]	7.06[bf]	0.16[df]	0.74[ef]	2.47[bc]
G10	117.66[f]	79.83[hi]	94.83[b]	57.33[c]	0.70[de]	9.89[a]	0.15[dh]	0.87[ef]	2.12[cg]
G11	116.83[fg]	71.00[j]	64.00[df]	39.00[gi]	0.66[ef]	5.63[eg]	0.15[dg]	1.11[df]	1.38[k]
G12	118.16[f]	93.00[g]	69.33[cd]	49.50[ce]	0.64[f]	6.74[cg]	0.28[ab]	1.49[bd]	2.62[ab]
G13	151.66[a]	128.33[a]	104.66[a]	79.50[a]	0.73[d]	7.69[ae]	0.34[a]	2.06[a]	2.93[a]

G14	110.16^{h}	76.33^{ij}	51.00^{h}	29.83^{j}	0.55^{g}	5.04^{fg}	0.10^{gi}	0.73^{ef}	2.07^{dg}
G15	139.50^{b}	119.83^{bc}	94.16^{b}	66.66^{b}	0.79^{c}	4.83^{g}	0.11^{fi}	1.50^{bd}	2.21^{ce}
G16	139.16^{bc}	124.16^{ab}	93.16^{b}	68.00^{b}	0.88^{a}	8.52^{ac}	0.20^{cd}	1.71^{ac}	2.67^{ab}
G17	134.33^{bcd}	105.00^{ef}	92.66^{b}	67.50^{b}	0.78^{c}	9.11^{ab}	0.14^{dh}	1.44^{bd}	2.33^{bd}
G18	113.66^{fgh}	76.16^{ij}	63.50^{df}	43.33^{eh}	0.81^{bc}	8.99^{ab}	0.28^{b}	1.21^{ce}	2.68^{ab}
G19	113.00^{fgh}	68.50^{k}	52.16^{gh}	36.50^{hj}	0.68^{ef}	8.57^{ac}	0.18^{ce}	1.15^{cf}	1.69^{ik}
G20	129.66^{de}	109.66^{de}	71.00^{c}	56.16^{c}	0.82^{bc}	8.78^{ac}	0.19^{cd}	1.99^{ab}	1.48^{jk}

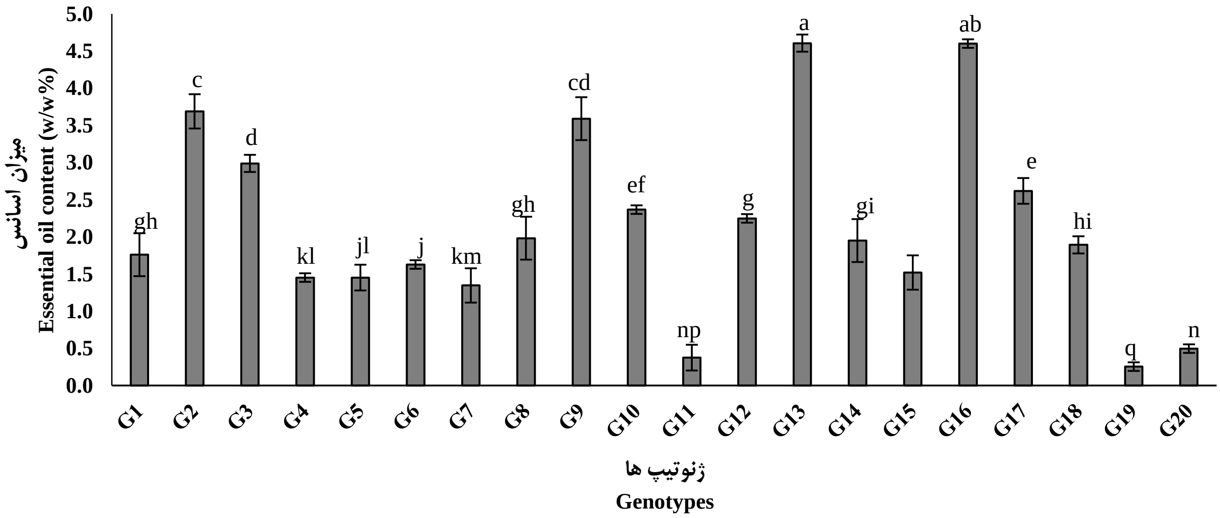
در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک می باشند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the means which are common at least in one letter, are not significant at the 5% of probability level based on the Tukey test.

بازده تولید اسانس توسط سرشاخه‌های گل‌دار گیاه در رویشگاه‌های مختلف در شکل ۳ نشان داد که بیشترین میزان اسانس بر حسب درصد وزنی-وزنی مربوط ژنوتیپ G13 (۴/۶۱) و G16 (۴/۶۰) بود و کمترین میزان اسانس در ژنوتیپ G19 (۰/۲۵) مشاهده شد. با افزایش طول میانگره و ارتفاع گیاه رقابت بین بخش‌های هوایی گیاه برای جذب نور خورشید و فتوسنتز کاهش یافته و سایه‌اندازی کمتر خواهد بود، پس تولید فرآورده‌های قندی در متابولیت اولیه که پیش ماده تولید اسانس و متابولیت‌های ثانویه است، افزایش می‌یابد (Asadi *et al.*, 2019). از طرفی طبق تحقیقات به عمل آمده، گیاهانی که بیشتر تحت تنش رطوبتی بوده (Figueiredo *et al.*, 2008) و ارتفاع از سطح دریای آن‌ها کمتر است (Habibi *et al.*, 2007) بازده اسانس بیشتری دارند. با توجه به شکل ۱ و جدول ۲، در این تحقیق مشاهده گردید ژنوتیپ‌هایی که بومی مناطق نیمه‌خشک، با تبخیر و تعرق بالا و کم‌ارتفاع هستند، از جمله؛ G13، G16 و G2 دارای بیشترین بازده اسانس هستند (شکل ۳). شاید یکی از سازوکارهای انتخاب طبیعی در رویشگاه‌های وحشی جهت تحمل به تنش بیشتر این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با سایرین، همین تولید اسانس بیشتر باشد. زیرا گفته می‌شود که اسانس‌ها ظرفیت گرمایی ویژه بالایی دارند و در شرایط تنش خشکی (تولید گرما در گیاه) با ذخیرهٔ گرما و محافظت در برابر آسیب دمایی، به گیاه کمک می‌کنند (Fasina & Colley, 2008; Zabet *et al.*, 2003). از طرف دیگر، ژنوتیپ G3 که از نظر صفات ریخت‌شناسی دارای مقادیر مناسب، اما کمتر از جمعیت G8 است، دارای میزان بازده اسانس بالاتری می‌باشد. این امر بیان کننده این موضوع است که صفات رویشی برتر، به‌تنهایی نمی‌توانند مؤلفه انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای تولید اسانس باشد و باید فاکتورهای دیگری همچون عوامل ژنتیکی، ارتفاع از سطح دریا، میانگین دمای سالیانه و میزان بارندگی سالیانه نیز مد نظر قرار گیرد. میزان اسانس از جمله صفاتی است که تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است. با توجه به اینکه کلیه ژنوتیپ‌ها در یک محیط و در شرایط اقلیمی تقریباً یکسانی کشت شده‌اند، تفاوت در میزان اسانس را می‌توان تا حدی به ژنوتیپ گیاه نسبت داد (Mirzaei-Nodoushan *et al.*, 2001). رابطه بین افزایش ارتفاع از سطح دریا و تنوع شرایط آب و هوایی در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه‌ای که روی خصوصیات بوم‌شناختی، ریختی و میزان اسانس آویشن آذربایجانی (*Thymus migricus*) انجام گرفت، بیان شد که ارتفاع با میزان اسانس همبستگی منفی دارد، به‌نحوی که بازده کم اسانس جمعیت جمع‌آوری شده از شهرستان هریس را به ارتفاع بالای رویشگاه از سطح دریا نسبت دادند (Yavari *et al.*, 2010). در مطالعه دیگری (Habibi *et al.*, 2007) نیز همبستگی منفی بین ارتفاع از سطح دریا و میزان اسانس برای گونه دیگری از آویشن (*T. kotschyanus*) گزارش شد که یافته‌های این تحقیق در رابطه با ژنوتیپ G2 و نیز ژنوتیپ‌های G16 و G13 که از نظر بارندگی و دما با هم مشابه اما دارای اختلاف ارتفاع می‌باشند، با آن‌ها مطابقت می‌کند. به‌نحوی‌که در شرایط مشابه، ژنوتیپ G16 با ارتفاع کمتر (۶۱ متر از سطح دریا) و نیز ژنوتیپ G13 با ارتفاع کمتر (۱۲۷۰ متر از سطح دریا) نسبت به ژنوتیپ G2 با ارتفاع

بیشتر (۲۹۷۲ متر از سطح دریا) دارای بازده اسانس بیشتری بودند که این امر بیانگر همسویی تأثیر عوامل ژنتیکی و شرایط اقلیمی است.

در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که تنش خشکی و گرما در آویشن باغی (*T. vulgaris*) باعث محدود شدن فتوسنتز و کاهش فعالیت چرخه‌های مربوط به تولید متابولیت‌های اولیه می‌شود که در این حالت گیاه با فعال‌سازی مسیرهای تولید متابولیت ثانوی (اسانس)، با تنش ایجاد شده مقابله می‌کند که این امر موجب افزایش بازده اسانس می‌شود (Figueiredo *et al.*, 2008). اما در پژوهش حاضر، ژنوتیپ G8 و G9 که از نظر ارتفاع و شرایط اقلیمی متعلق به مناطق خشک نیستند، توانستند بازده اسانس مطلوبی داشته باشند. به‌طور کلی افزایش دما و تنش ملایم خشکی در اغلب گونه‌های گیاهی باعث افزایش بیوسنتز اسانس‌ها می‌شود (Lusia *et al.*, 2006). اگر چه ژنوتیپ G1 نسبت به ژنوتیپ G6 در ارتفاع بسیار کمتری بود اما بازده اسانس تقریباً یکسانی داشت که این امر بیانگر تأثیر ژنوتیپ بر عملکرد اسانس این گیاه دارویی با ارزش است (شکل ۳).



شکل ۳- میزان اسانس در بین ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی

Figure 3- Essential oil content in different wild mint genotypes

ضرایب همبستگی بین صفات کمی اندازه‌گیری شده در جدول ۵ آورده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که برخی از صفات اندازه‌گیری شده دارای همبستگی مثبت و منفی با هم بودند. برخی از مهم‌ترین این صفات که با بازده تولید اسانس همبستگی مثبت دارند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

وزن تر برگ (r=۰/۶۳)، وزن خشک برگ (r=۰/۷۰)، طول برگ (r=۰/۶۲)، عرض برگ (r=۰/۵۹)، سطح برگ (r=۰/۴۳)، ارتفاع گیاه (r=۰/۶۰)، عملکرد (r=۰/۹۱)، تعداد گره (r=۰/۵۲) و قطر ساقه (r=۰/۷۱) با بازده تولید اسانس همبستگی مثبت دارند. اکثر این صفات با بخش‌های تولید و ذخیره‌سازی اسانس در گیاه پونه وحشی مرتبط می‌باشند. به‌عبارتی می‌توان یکی از عوامل تعیین‌کننده در صفت درصد اسانس را میزان رشد اندام هوایی گیاه دانست و با اعمال شرایط به‌زراعی مانند؛ تغذیه، آبیاری، نور، عملیات زراعی و ... جهت افزایش بایومس گیاه، بازده اسانس مطلوب‌تری به‌دست آید.

از طرفی در این مطالعه مشاهده گردید که همبستگی صفات وزن تر گلاذین (r=-۰/۰۲)، وزن خشک گلاذین (r=۰/۳۷)، طول گلاذین (r=-۰/۳۹) و فاصله میانگره (r=-۰/۲۵) با بازده تولید اسانس معنی‌دار نبود که همگی به صفات زایشی گیاه مربوط می‌شوند. بنابراین؛ ممکن است این تأثیرپذیری به این خاطر باشد که اندام‌های رویشی گیاه در راندمان اسانس تأثیر بیشتری نسبت به اندام زایشی داشته‌اند. این امر شاید با پراکنش محل‌های تجمع و ذخیره‌سازی اسانس مرتبط باشد که نیاز به تحقیق بیشتری در این رابطه دارد.

در جدول ۶ آمار توصیفی[1] صفات کمی مورد ارزیابی در گیاه پونه وحشی آورده شده است. در این جدول ۲۶ صفت کمی[2] مورد آنالیز قرار گرفت و حداقل، حداکثر، میانگین، ضریب تغییرات داده‌ها محاسبه شد.

1- Descriptive statistics

2- Quantitative trait

آمار توصیفی صفات (حداکثر، حداقل، میانگین و ...) ارائه دهنده اطلاعات کلی در مورد صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بوده و به اصلاح‌گر کمک می‌کند تا شناخت دقیق‌تری از صفات بررسی شده داشته باشد تا بتواند از این اطلاعات در برنامه‌های اهلی‌سازی و اصلاحی آتی استفاده نماید. در این جدول ۶برخی از صفات دارای ضریب تغییرات (CV) بالایی بودند که نشان‌دهنده تنوع بالای صفات می‌باشد که از مهمترین صفات مثل وزن تر برگ (۴۸/۳۷)، وزن خشک برگ (۵۲/۳۸)، وزن تر برگ‌های شاخه (۶۱/۱۲)، وزن تر گلاذین (۴۲/۳۳)، وزن خشک گلاذین (۴۳/۰۳)، میزان اسانس (۵۶/۸۱) و عملکرد اسانس (۷۵/۶۸) بیشترین ضریب تغییرات را نسبت به بقیه صفات داشتند که همگی از صفات مطلوب در گیاهان دارویی تیره‌ی نعناع به شمار می‌آیند (Baghalian & Naghdi, 2000). در حالی‌که برخی از صفات مانند صفت ارتفاع گیاه (۹/۲۵)، ۱۰۰٪ زوال گل (۹/۵۹) و طول شاخه جانبی (۴/۱۴) کمترین ضریب تغییرات را نسبت به بقیه صفات داشتند.

جدول ۵- همبستگی بین برخی از خصوصیات رویشی و زایشی در ژنوتیپ‌های پونه وحشی

Table 5- Correlation between some vegetative and reproductive traits in genotypes of *M. longifolia* L.

	LFW	LDW	LL	LW	LS	PH	Y	NN	IND	SD	EOC
LFW	1										
LDW	0.75**	1									
LL	0.58**	0.70**	1								
LW	0.44^{ns}	0.54*	0.41	1							
LS	0.47*	0.58**	0.57**	0.76**	1						
PH	0.52*	0.71**	0.49*	0.40^{ns}	0.39^{ns}	1					
Y	0.53*	0.65**	0.58**	0.73**	0.56**	0.55*	1				
NN	0.58**	0.58**	0.59**	0.45*	0.65**	0.66**	0.56*	1			
IND	-0.35^{ns}	-0.19^{ns}	-0.42^{ns}	-0.34^{ns}	-0.54*	-0.08^{ns}	-0.32^{ns}	-0.78**	1		
SD	0.47*	0.63**	0.52*	0.57**	0.46*	0.71**	0.69**	0.66**	-0.35^{ns}	1	
EOC	0.63**	0.70**	0.62**	0.59**	0.43^{ns}	0.60**	0.91**	0.52*	-0.25^{ns}	0.71**	1

** , * and ^{ns}: Correlation is significant at the 0.01, and 0.05 levels, and is not significant, respectively.

Y= عملکرد, PH= ارتفاع گیاه, LFW= وزن تر برگ, LDW= وزن خشک برگ, LS= سطح برگ, LL= طول برگ, LW= عرض برگ, NN= تعداد گره, IND= فاصله میانگره, SD= قطر ساقه, EOC=میزان اسانس

Y= Yield, PH= Plant height, LFW= Leaf fresh weight, LDW= Leaf dry weight, LS= Leaf surface, LL= Leaf length, LW= Leaf width, NN= Nud number, IND= Internode distance, SD= Stem diameter, EOC=Essential oil content.

ادامه جدول ۵- همبستگی بین برخی از خصوصیات رویشی و زایشی در ژنوتیپ‌های پونه وحشی

Table 5 contenued- Correlation between some vegetative and reproductive traits in genotypes of *M. longifolia* L.

	IFW	IDW	ID	IL	HF	CF	HFD	CFD	EOC
IFW	1								
IDW	0.62**	1							
ID	0.18^{ns}	0.29^{ns}	1						
IL	0.38^{ns}	.60**	0.46*	1					
HF	0.35^{ns}	0.29^{ns}	0.51*	0.39^{ns}	1				
CF	0.29^{ns}	0.17^{ns}	0.39	0.27^{ns}	0.88**	1			
HFD	-0.003^{ns}	0.13^{ns}	0.67**	0.29^{ns}	0.76**	0.59**	1		
CFD	0.08^{ns}	0.24^{ns}	0.65**	0.29^{ns}	0.80**	0.62**	0.97**	1	
EOC	-0.02^{ns}	0.37^{ns}	0.44*	0.39^{ns}	0.58**	0.61**	0.60**	0.62**	1

** , * and ^{ns}: Correlation is significant at the 0.01, and 0.05 levels, and is not significant, respectively.

IFW= وزن تر گلاذین, IDW= وزن خشک گلاذین, ID= قطر گلاذین, IL= طول گلاذین, HF= ۵۰٪ گلدهی, CF= ۱۰۰٪ گلدهی, HFD= ۵۰٪ زوال گلاذین, CFD= ۱۰۰٪ زوال گلاذین, EOC= میزان اسانس

IFW= Inflorescence fresh weight, IDW= Infloresecnce dry weight, ID= Infloresence diameter, IL= Infloresence length, HF= Half flowering, CF= Complete flowering, HFD= Half flowering degradation, CFD= complete flowering degradation, EOC= Essential oil content.

برای تعیین میزان تغییرات صفات زراعی، مورفولوژیکی و میزان اسانس، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA[1]) با استفاده از ماتریس همبستگی از تمام مؤلفه‌ها انجام شد (جدول ۷). تجزیه به مؤلفه‌ها نشان‌دهنده هفت مؤلفه با درصد تجمعی واریانس ۸۵/۵۸ درصد است.

1- Pricipal Compounent Analysis

سه مؤلفه اول ۵۳/۲۲ درصد از واریانس کل را تشکیل دادند. مؤلفه اول (PC1) مربوط به میزان ۲۴/۲۷ درصد از واریانس تجزیه به مؤلفه‌ها است و شامل ۱۰ مؤلفه زراعی و ریخت‌شناسی مانند؛ عملکرد، محتوای اسانس، عملکرد اسانس، ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ شاخه، قطر ساقه، عرض برگ، وزن تر و خشک برگ و ۱۰۰ درصد گلدهی می‌شود. مؤلفه دوم (PC2)، میزان ۱۶/۱۴ درصد از واریانس، شامل ۵ مؤلفه زراعی و مورفولوژیکی از جمله؛ ۵۰٪ گلدهی، قطر گلاذین، وزن تر گلاذین، ۵۰ درصد زوال گلاذین و ۱۰۰ درصد زوال گلاذین می‌شود. سومین مؤلفه مربوط است به‌میزان ۱۲/۸۱ درصد از واریانس که شامل مؤلفه‌هایی از جمله؛ فاصله میان‌گره، تعداد گره، سطح برگ، تعداد برگ‌ها می‌باشد. بنابراین؛ تنوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشتر توسط عملکرد و محتوای اسانس، قطر ساقه، عرض برگ و وزن تر و خشک برگ، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ زوال گلاذین و فاصله میانگره به‌عنوان مؤلفه‌های اول تا سوم ایجادکننده تنوع، ایجاد می‌شود.

جدول ٦- صفات مورد اندازه‌گیری در ژنوتیپ های پونه وحشی در دو سال متوالی

Table 6- Measured traits in *M. longifolia* L. genotypes in consecutive two years

ردیف Row	صفت Trait	علائم Sym	واحد Unit	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max
1	وزن تر برگ Leaf Fresh Weight	LFW	g	0.15	0.01	0.34
2	وزن خشک برگ Leaf Dry Weight	LDW	g	0.06	0.01	0.14
3	سطح برگ Leaf area	LS	cm^2	9.26	2.06	20.04
4	طول برگ Leaf length	LL	cm	4.60	1.73	7.4
5	عرض برگ Leaf width	LW	cm	1.89	0.55	3.2
6	طول برگ/عرض برگ Leaf length / Leaf width	L/W	cm	2.60	1.27	4.56
7	ارتفاع گیاه Plant height	PH	cm	77.33	70	98
8	تعداد گره Node number	NN	No.	11.41	7	16
9	فاصله میانگره Internode length	IND	cm	6.78	5	10.71
10	تعداد برگ Leaf number	LN	No.	22.42	14	29
11	قطر ساقه Shoot diameter	SD	cm	2.12	1.38	3.06
12	وزن تر برگ‌های شاخه Branch dry leaf weight	BLDW	g	1.37	0.02	3.3
13	وزن تر گلاذین Inflorescence fresh weight	IFW	g	1.17	0.32	2.29
14	وزن خشک گلاذین Inflorescence dry weight	IDW	g	0.18	0.03	0.35
15	قطر گلاذین Inflorescence diameter	ID	cm	0.74	0.5	0.94
16	طول گلاذین Inflorescence lenght	IL	cm	7.44	4	11.33
17	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	SDW	g	1.21	0.52	1.94
18	عملکرد Yield	Y	$g.m^{-2}$	689.40	441.5	939.7
19	۵۰٪ گلدهی 50% Flowernig	50%F	day	52.08	15	85

20	۱۰۰٪ گلدهی 100% Flowering	100%F	day	73.58	47	107
21	۵۰٪ زوال گل 50% Flower degradation	50%FD	day	99.30	65	130
22	۱۰۰٪ زوال گل 100% Flower degradation	100%FD	day	126.51	105	154
23	تعداد شاخه جانبی Lateral branch number	LBN	No.	14.40	12	17
24	طول شاخه جانبی Lateral branch lenght	LBL	cm	61.98	20.91	117.59
25	میزان اسانس Essential oil content	EOC	%	2.20	0.25	5.27
26	عملکرد اسانس Essential oil yield	EOY	$Kg.ha^{-1}$	150.78	10.13	461.55

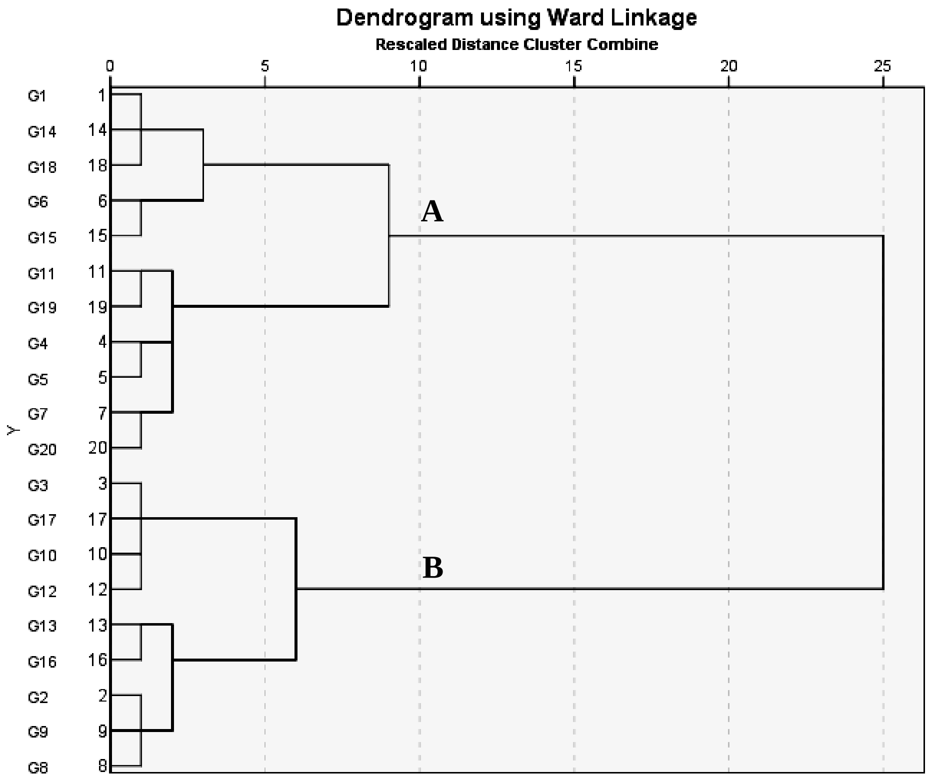
به‌طور کلی با توجه به شکل ۱، بررسی خصوصیات رویشی و زایشی مبین این امر است که ژنوتیپ‌های رویشگاه‌های موجود در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک دارای شرایط اقلیمی متفاوتی نسبت به سایر رویشگاه‌ها می‌باشد که باعث جدایی ژنوتیپ‌های آن‌ها با دیگر ژنوتیپ‌ها در تجزیه خوشه‌ای شده است. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای براساس مؤلفه‌ها در فاصله اقلیدسی از ماتریس گروهی صفات ریخت‌شناسی، زراعی و بازده اسانس، بیست ژنوتیپ مورد مطالعه را به دو خوشه اصلی تقسیم کرد (شکل ۴).

جدول ۷- مقادیر ویژه و واریانس تجمعی مؤلفه‌های به‌دست آمده از تجزیه به مؤلفه‌ها براساس صفات مورفولوژیکی برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پونه‌وحشی

Table 7- Eigen values and cumulative variance for components obtained from principal analysis (PCA) based on the morphological traits for the studied genotypes of *M. longifolia* L.

صفات Traits	اجزاء Components						
	1	2	3	4	5	6	7
وزن تر برگ Leaf Fresh Weight	0.53^{**}	0.31	0.32	0.34	-0.13	0.16	-0.01
وزن خشک برگ Leaf Dry Weight	0.66^{**}	0.45	0.12	0.34	0.26	0.31	0.04
سطح برگ Leaf area	0.38	0.18	0.69^{**}	0.06	0.01	0.46	0.16
طول برگ Leaf length	0.47	0.29	0.40	0.58^{**}	0.25	-0.07	0.07
عرض برگ Leaf width	0.71^{**}	-0.11	0.43	-0.13	0.03	0.32	0.32
طول برگ/عرض برگ Leaf length / Leaf width	-0.41	0.43	-0.02	0.59^{**}	0.08	-0.42	-0.13
ارتفاع گیاه Plant height	0.58^{**}	0.38	0.10	0.14	0.30	0.25	-0.40
تعداد گره Node number	0.44	0.29	0.72^{**}	0.12	0.16	0.02	-0.32
فاصله میانگره Internode length	-0.18	-0.05	-0.89^{**}	0.00	-0.01	0.26	0.06
تعداد برگ Leaf number	0.19	0.12	0.86^{**}	0.03	0.30	0.01	-0.13
قطر ساقه Shoot diameter	0.78^{**}	0.08	0.25	0.05	0.20	0.13	-0.18
وزن تر برگ‌های شاخه Branch dry leaf weight	0.67^{**}	0.44	0.23	0.33	0.24	0.29	-0.06
وزن تر گلاذین Inflorescence fresh weight	0.09	0.60^{**}	0.09	0.39	0.50	0.28	-0.03
وزن خشک گلاذین Inflorescence dry weight	0.19	-0.21	0.10	0.81^{**}	0.33	0.02	-0.01

قطر گلاذین Inflorescence diameter	0.30	0.76**	-0.09	0.10	-0.14	0.03	0.28
طول گلاذین Inflorescence lenght	0.30	0.27	0.06	0.74**	-0.03	-0.16	0.40
وزن خشک ساقه Shoot dry weight	-0.21	-0.28	0.12	0.03	-0.12	-0.81**	0.07
عملکرد Yield	0.87**	0.23	0.21	0.04	-0.16	0.05	0.05
۵۰٪ گلدهی 50% Flowernig	0.44	0.66**	0.37	0.10	0.35	0.10	-0.11
۱۰۰٪ گلدهی 100% Flowering	0.62**	0.44	0.32	0.01	0.34	0.00	-0.07
۵۰٪ زوال گل 50% Flower degradation	0.30	0.89**	0.16	-0.01	0.01	0.07	-0.06
۱۰۰٪ زوال گل 100% Flower degradation	0.32	0.87**	0.21	0.09	0.06	0.13	-0.15
تعداد شاخه جانبی Lateral branch number	-0.50	-0.05	-0.17	-0.14	-0.37	0.38	0.52**
طول شاخه جانبی Lateral branch lenght	-0.13	0.02	-0.15	0.08	0.22	-0.04	0.82**
میزان اسانس Essential oil content	0.01	-0.15	-0.13	-0.13	-0.86**	0.14	0.02
عملکرد اسانس Essential oil yield	0.03	0.17	-0.33	0.62**	-0.17	0.31	-0.36
مقادیر ویژه Eigenvalue	7.03	0.09	-0.12	-0.03	-0.69**	-0.24	-0.24
درصد واریانس % of variance	24.27	0.31	0.10	0.12	-0.03	-0.03	-0.13
درصد تجمعی واریانس Cumulative %	24.27	0.33	0.10	0.17	-0.05	0.01	-0.13

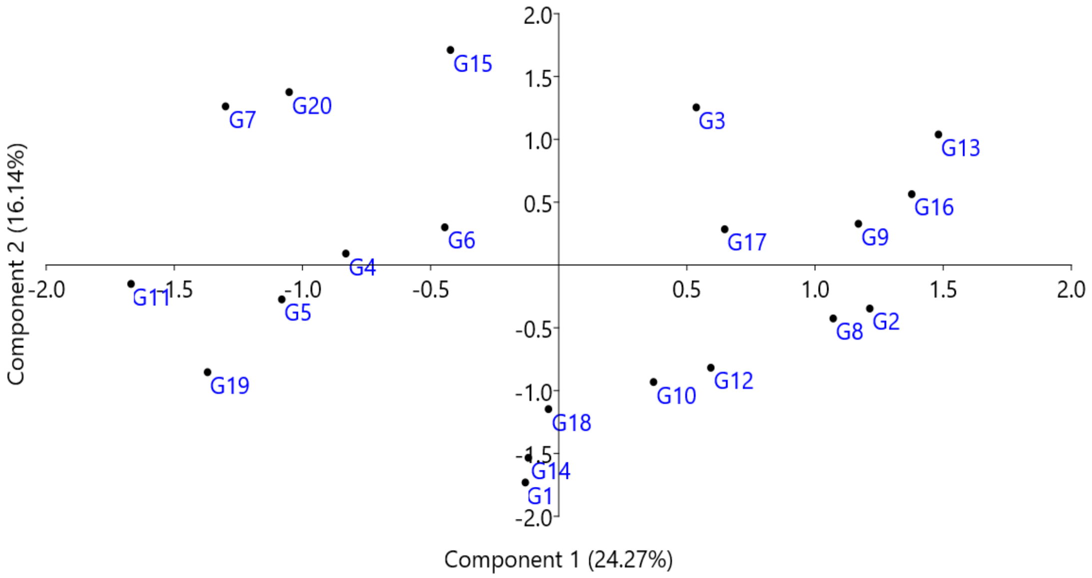


شکل ٤- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف پونه وحشی

Figure 4- Dendrogram from cluster analysis of studied traits between different Wild Mint genotypes

خوشه اول از ۱۱ ژنوتیپ شامل G1، G14، G18، G6، G15، G11، G19، G4، G5، G7 و G20 تشکیل شده است که دارای عملکرد اسانس ۱۷/۶۷-۱۳۷/۶۷ کیلوگرم در هکتار، عملکرد اندام هوایی ۵۰۴/۱۷-۶۹۶/۸۳ و درصد میزان اسانس ۰/۲۵-۱/۹۵ درصد می‌باشد. خوشه دوم حاوی ۹ ژنوتیپ G3، G17، G10، G12، G13، G16، G2، G9 و G8 است که دارای عملکرد اسانس ۱۶۱/۳۵-۳۵۸/۲۹ کیلوگرم در هکتار، عملکرد اندام هوایی ۶۴۶/۸۶-۸۹۹/۳۳ گرم و درصد میزان اسانس ۱/۹۸-۴/۶۱ درصد است.

بای‌پلات ایجاد شده براساس PC1 و PC2 بیانگر آن است که مؤلفه اول عمدتاً شامل صفات رویشی و مؤلفه دوم شامل صفات زایشی و ژنوتیپی مانند؛ G3 از لحاظ هر دو مؤلفه مطلوب می‌باشد. از آنجایی که هر متغیری که به یکی از محورها نزدیک‌تر است، سهم بیشتری از تنوع آن متغیر بوسیله مؤلفه اصلی مربوط به آن محور توجیه می‌شود (Moradipour *et al.*, 2018). بنابراین؛ در این نمودار بای‌پلات هر ژنوتیپی که به محور x نزدیک‌تر و از محور y دورتر باشد، سهم بیشتری از تنوع آن ژنوتیپ بوسیله مؤلفه اول تبیین می‌شود. از آنجایی که بخش رویشی در بازده اسانس و عملکرد دارویی نقش مهمتری ایفا می‌نماید، لذا، جهت گزینش ژنوتیپ برتر می‌توان به ژنوتیپ‌های G13، G16، G9، G2 و G8 اشاره نمود (شکل ۵). در مطالعه‌ای، با تجزیه خوشه‌ای چهار جمعیت چای‌کوهی نیز، جمعیت‌ها به سه گروه اصلی براساس ویژگی‌های مورفولوژیکی تقسیم شدند و جمعیت‌هایی که دارای ویژگی مورفولوژیکی بهتری بودند، برای کشت و اهلی‌سازی معرفی شدند (Aghaei *et al.*, 2015). با بررسی تنوع ۳۰ صفت ریخت‌شناسی در ۱۵ جمعیت *Eremostachys laciniata* نشان داده شد که ۲۷ صفت تفاوت معنی‌داری داشتند و تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها را به چهار دسته تقسیم کرد (Hadipour *et al.*, 2015).



شکل ۵- بای‌پلات نخستین دو مؤلفه اصلی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پونه وحشی .*M. longifolia* L

Figure 5- Biplot of the first two principle components (PCs) for the studied genotypes of *M. longifolia* L.

نتیجه‌گیری

در پایان باید افزود که گیاهان ژنوتیپ G13 متعلق به استان هرمزگان و بعد ژنوتیپ G16 متعلق به استان خوزستان به‌خاطر داشتن زیست‌توده بیشتر، اندام هوایی حجیم‌تر و نیز بیشترین بازده اسانس نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ مطلوب‌تری از نظر دارویی می‌باشند. صفات مطلوب در مورد بخش هوایی مانند؛ عملکرد و محتوای اسانس، قطر ساقه، عرض برگ، وزن تر و خشک برگ، طول مرحله گلدهی و فاصله میانگره صفات مهمی هستند که باید در انتخاب مدنظر قرار گیرند. به‌علاوه کشت ژنوتیپ‌های منتخب جهت تولید ماده مؤثره بیشتر و امکان تلاقی آن‌ها، می‌تواند کمک شایانی را در اهلی‌سازی این گونه داشته باشد و با توجه به اینکه لازمه اصلاح[1] و اهلی‌سازی[2] تنوع می‌باشد، لذا این پژوهش می‌تواند مقدمه‌ای برای کارهای اصلاحی آتی باشد. با این حال تحقیقات دیگری نیز لازم است، تا ژنوتیپ‌های این منطقه از لحاظ فیتوشیمیایی هم تأیید شوند.

References

1- Aghaei Noroozloo, Y., Mirjalili, M.H., Nazeri, V., & Moshrefi-Araghi, A.R. (2015). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Stachys lavandulifolia* Vahl. in four provinces of Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *30*(7), 985-998. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.11933

2- Asadi, M., Hadian, J., Nejad Ebrahimi, S., & Karimzadeh, G. (2019). Effect of different levels of sulfur on growth, quality characteristics and yield of *Arnica chamissonis* Less. ssp. foliosa. *Journal of Horticultural Science*, *33*(3), 219-232. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.71858

3- GÖNÜZ, A., & ÖZÖRGÜCÜ, B. (1999). An investigation on the morphology, anatomy and ecology of *Origanum onites* L. *Turkish Journal of Botany*, *23*(1), 19-32.

4- Bakhshi, B. (2009). *Application of SPSS in statistical analysis*. Sepehr publication. 180p. (In Persian)

5- Babalar, M., Khoshsokhan, F., Fattahi Moghaddam, M.R., & Pourmeidani, A. (2013). An evaluation of the morphological diversity and oil content in some populations of *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *44*(3), 119-128. (In Persian). https://doi.org/10.22059/IJHS.2013.35045

6- Baghalian, H., & Naghdi Badi, H. (2000). *Essensial oil plants*. First publication. Andarz Tehran publication, p 248.

7- British pharmacopoeia. (1993). HMSO: London.

8- Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., & Scheffer, J.J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, *23*(5), 213-226. https://doi.org/10.1002/ffj.1875

1- Breeding

2- Domestication

9- Fasina, O.O., & Colley, Z. (2008). Viscosity and specific heat of vegetable oils as a function of temperature: 35 C to 180 C. *International Journal of Food Properties*, *11*(5), 738-746. https://doi.org/10.1080/10942910701586273

10- Fischer, R. (1979). Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: a physiological framework.

11- Goodman, M.M. (1972). Distance analysis in biology. *Systematic Biology*, *21*(3), 174-186. https://doi.org/10.1093/sysbio/21.2.174

12- Hadipour, A., Azizi, M., Naghdi, B.H., & Delazar, A. (2015). Morphological diversities of some population of *Eremostachys laciniata* Bunge. *Iranian Journal of Horticultural Science*. (In Persian). https://doi.org/10.22059/IJHS.2015.55869

13- Habibi, H., Mazaheri, D., Majnoun, H.N., Chaeichi, M.R., FAKHR, T.M., & Bigdeli, M. (2007). Effect of altitude on essential oil and components in wild thyme (*Thymus kotschyanus* Boiss) Taleghan region. *Research and Development in Agriculture and Horticulture*, *73*, 10–2. (In Persian)

14- Hadian, J., Ebrahimi, S.N., & Salehi, P. (2010). Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*, *32*(1), 62-69. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.006

15- Hornok, L. (Ed.). (1992). *Cultivation and processing of medicinal plants* (pp. xi+-338). John Wiley, New York.

16- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Hadian, J., & Atashi, S. (2016). The effect of salinity stress on the growth, quantity and quality of essential oil of Lavender (*Lavandula angustifulia* Miller). *Journal of Horticultural Science*, *30*(3), 209-216. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v30i2.38451

17- Mann, C., & Staba, E.J. (1986). *The chemistry, pharmacology, and commercial formulations of chamomile*. In: Herbs, Spices and Medicinal plants-Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology. Craker L. E. & Simon JI. E. editors. Oryx Press, Phoenix, AZ, pp: 235-280.

18- Mirzaie-Nodoushan, H., Rezaie, M.B., & Jaimand, K. (2001). Path analysis of the essential oil-related characters in Mentha spp. *Flavour and Fragrance Journal*, *16*(6), 340-343. https://doi.org/10.1002/ffj.1007

19- Moradipour, F., Olfati, J.A., Hamidoghli, Y., Sabouri, A., & Zahedi, B. (2018). Evaluation of genetic variation and determination of genetic distance in some cucumber lines by principal component and cluster analysis. *Plant Productions*, *41*(1), 99-116. (In Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12429

20- Llusià, J., Peñuelas, J., Alessio, G.A., & Estiarte, M. (2006). Seasonal contrasting changes of foliar concentrations of terpenes and other volatile organic compound in four dominant species of a Mediterranean shrubland submitted to a field experimental drought and warming. *Physiologia Plantarum*, *127*(5), 632-649. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00693.x

21- Ronald, L.K. (2001). *Indra NA-Based Markers in Plants*. Kluwer Academic Publisher

22- Ruttle, M.L. (1974). *Some common mints and their hybrids*. Herbs for Use and For Delight. An Anthology from The Herbalist. A Publication of the Herb Society of America. DJ Foley, ed. Dover Publication, Inc., New York, 92.

23- Sudarmono, M., & Hiroshi, O. (2008). Genetic differentiations among the populations of *Salvia japonica* (Lamiaceae) and its related species. *Journal of Biosciences*, *15*(1), 18-26.

24- Szamosi, C. (2005). The importance of Hungarian melon (*Cucumis melo* L.) landraces, local types and old varieties. *International Journal of Horticultural Science*, *11*(5), 83-87. https://doi.org/10.31421/IJHS/11/4/611

25- Tucker, A.O., & Naczi, R.F. (2007). *Mentha*: an overview of its classification and relationships. *Mint: the genus Mentha*, 1-40. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton.

26- Van Wyk, B.E., & Gericke, N. (2000). *People's plants*. Pretoria: Briza Publications, pp 128.

27- Yavari, A.R., Nazeri, V.A.H.I.D.E.H., Sefidkon, F., & Hassani, M.E. (2010). Evaluation of some ecological factors, morphological traits and essential oil productivity of *Thymus migricus* Klokov & Desj.-Shost. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *26*(3), 227-238. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6938

28- Zabet, M., Zade, A.H., Ahmadi, A., & Khialparast, F. (2003). Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). *Iranian Journal of Agricultural Science, 34*(5), 889-898. (In Persian)

29- Zaouali, Y., Chograni, H., Trimech, R., & Boussaid, M. (2012). Genetic diversity and population structure among *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) varieties: var. typicus Batt. and var. troglodytorum Maire. based on multiple traits. *Industrial Crops and Products*, *38*, 166-176. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.011